

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **88118483.2**

51 Int. Cl.4: **G01V 1/00**

22 Anmeldetag: **05.11.88**

30 Priorität: **09.12.87 DE 3742147**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.06.89 Patentblatt 89/24

64 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **PRAKLA-SEISMOS AG**
Buchholzer Strasse 100
D-3000 Hannover 51(DE)

72 Erfinder: **Marschall, Roland, Dr.-Ing.**
Liasweg 14
D-3000 Hannover 91(DE)

74 Vertreter: **Meyer, Ludgerus**
Patentanwälte Meyer, Stach, Vonnemann
Jungfernstieg 38
D-2000 Hamburg 36(DE)

54 **Verfahren zur Erfassung seismischer Daten.**

57 Es wird ein Verfahren zur Erfassung seismischer Daten eines Gebietes, insbesondere Seegebietes, angegeben, in dem Objekte, wie Bohrplattformen (1, 2, 3) eine Erfassung mit Hilfe üblicher Seismik, z. B. durch geschleppte Streamer, verhindern. Nach der Erfindung wird das Gesamtgebiet zunächst in Teilgebiete (5, 6, 7) aufgeteilt, in denen Empfängerketten (4) jeweils zwischen zwei Objekten angeordnet werden. Ein Schallsender wird dann relativ zur Empfängerkette entlang eines Rasters bewegt, dessen Rasterpunkte den Erregerstellen des Senders entsprechen. Die vollständig erfaßten Teilgebiete werden anschließend durch eine Rastertransformation zur Erstellung eines einheitlichen 3D-Datenvolumens zusammengefaßt

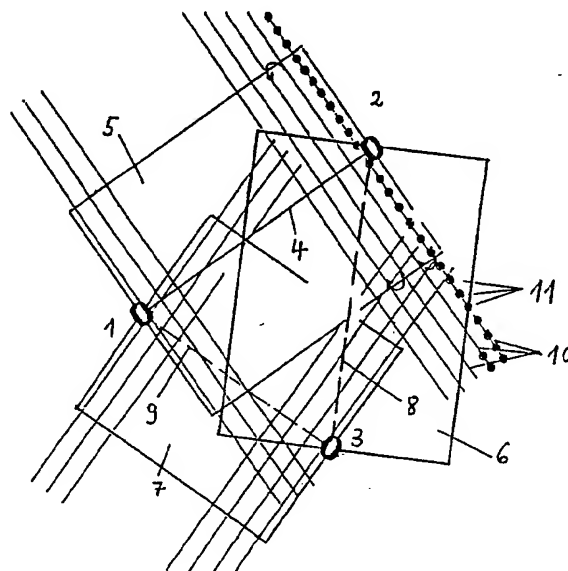


Fig. 1

EP 0 319 716 A2

Verfahren zur Erfassung seismischer Daten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung seismischer Daten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In der Seeseismik werden seit einigen Jahren verstärkt 3D-Messungen durchgeführt, deren wesentlicher Vorteil in der großen Informationsdichte und damit erhöhter Aussagegenauigkeit, in der Verfügbarkeit echter vertikaler Seismogramme und der Möglichkeit der Erstellung horizontaler Schnitte besteht. Die Erfassung eines 3D-Datenvolumens erfolgt in der Seeseismik im wesentlichen mit hinter Schiffen geschleppten Streamern. Häufig werden mehrere derartiger Streamer parallel zueinander geschleppt.

Um ein vorgegebenes Gebiet erfassen zu können, wird das Schleppschiff, das gleichzeitig die Sender oder Schallquellen schleppt, vorzugsweise in parallelen Kursen über das Gesamtgebiet geführt. Aus den erfaßten Spuren können dann nach dynamischen und statischen Korrekturen und Stapelung ein Datenvolumen erstellt werden, Profile des Gebietes in jeder beliebigen Richtung ermittelt und ausgewertet werden können.

Die Erfassung eines 3D-Datenvolumens erfordert die Ermittlung der zugrundeliegenden Daten in einem engliegenden Raster. Dies bedingt, daß sowohl Schiff als auch Streamer genau positioniert bzw. deren Position genau erfaßt ist. In der Regel erfolgt die Erfassung der Spuren während einer zu überfahrenden Strecke von mehreren Kilometern, wobei der Abstand zum vorhergehenden Kurs relativ gering ist. Bei vorhandenen Strömungen kann die Drift des Streamers beträchtlich sein. Obgleich diese Abdrift bei der Erstellung des endgültigen Datenvolumens eliminiert werden kann, kann dieser jedoch zu Problemen führen, wenn eine Meßfahrt in Gebieten erfolgen soll, in denen ortsfest angeordnete Objekte, wie z. B. Ölplattformen, Bojen, Untiefen oder andere feste Objekte vorhanden sind. Diese Objekte können in vielen Fällen eine Erfassung des Gebietes mit Hilfe geschleppter Streamer völlig verhindern. Insbesondere in Gebieten, in denen Bohrplattformen vorhanden sind, sind Sicherheitsabstände einzuhalten, die es mit sich bringen, daß in derartigen Gebieten nahezu keine Messungen mit Hilfe von hinter Schiffen geschleppten Streamern möglich sind.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ausgehend von der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art, ein Verfahren zur Erfassung seismischer Daten eines Gebietes anzugeben, das in seiner Gesamtheit einer Erfassung, insbesondere einer 3D-Erfassung seismischer Daten nicht unmittelbar zugänglich ist.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, auch für solche Gebieten ein 3D-Datenvolumen zu erfassen, in denen eine übliche Erfassung mit Hilfe von hinter einem Schiff geschleppten Streamern nicht möglich ist.

Nach der Erfindung wird das gesamte zu erfassende Gebiet zunächst in mehrere Teilgebiete aufgeteilt, deren Orientierung und Größe in Abhängigkeit von vorliegenden, ortsfesten Objekten gewählt ist. Vorzugsweise werden rechteckige Teilflächen gebildet, deren Halbierenden, durch den zwischen zwei ortsfesten Objekten angeordneten Streamer ausgebildet ist.

Anstelle herkömmlicher Streamerseismik, bei der sowohl Schallsender als auch Schallempfänger im wesentlichen entlang eines gemeinsamen Weges ortsveränderlich bewegt werden, wird bei dem Verfahren nach der Erfindung lediglich die Schallquelle bewegt, während die Empfänger ortsfest zwischen den Objekten angeordnet sind. Die Bestimmung der Orte der Empfänger ist daher sehr viel einfacher als bei einem geschleppten Streamer. Der Ort eines Schiffes kann ebenfalls relativ genau bestimmt werden.

Die Erfindung ermöglicht den weiteren Vorteil, daß der Sender auch quer zur Empfängerreihe bewegt werden kann, wie es in der 3D-Landseismik üblich ist.

Da die seismische Empfängerkette nicht mehr von einem Schiff geschleppt werden muß, können viel geringere Sicherheitsabstände vom Schiff zur jeweiligen Bohrplattform eingehalten werden, ohne daß eine Gefährdung der Plattform besteht. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die gesamte Aufnahmeanordnung quasi auf die Länge des Schiffes begrenzt ist, während sie bei einer üblichen Schleppseismik eine Länge aufweist, die Schiff und Streamerkette beinhaltet.

Nach vollständiger Erfassung der gewünschten seismischen Spuren in jedem der Teilgebiete erfolgt anschließend an dynamische und statische Korrekturen sowie Stapelung eine geometrische Verknüpfung der erfaßten Daten zu einem einheitlichen Datenvolumen des Gesamtgebietes. Hierbei können die Daten sich überlappender Teilgebiete noch einmal einer zusätzlichen Stapelung unterworfen werden, um die Aussagefähigkeit dieser Daten weiter zu verbessern.

Als Ergebnis des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich ein Datenvolumen, das einem auf üblichem Wege gewonnenen Datenvolumen eines

Seegebietes ohne Hindernisse zumindest ebenbürtig ist.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung des zu erfassenden Gesamtgebietes mit eingezeichneten Teilgebieten,

Fig. 2a,b,c eine Darstellung der Schritte zur Transformierung eines Meßrasters,

Fig. 3 die Darstellung eines fertig transformierten Meßrasters,

Fig. 4 die Darstellung eines Datenvolumens, das mit Hilfe der Erfindung gewonnen wurde.

Die Darstellung von Fig. 1 zeigt drei ortsfeste Objekte 1, 2 und 3 z.B. Öltürme oder Plattformen, die in einem bestimmten Seegebiet vorhanden sind. Wenn der Wunsch besteht, dieses Seegebiet mit den vorhandenen Ölplattformen seismisch zu erfassen, ist es normalerweise nicht möglich, zwischen den Plattformen einen Streamer hindurchzuziehen, da um eine Plattform herum bestimmte Sicherheitsgrenzen beachtet werden müssen.

Nach der Erfindung wird jeweils zwischen zwei ortsfest angeordneten Objekten eine Reihe von seismischen Empfängern ortsfest angeordnet, z. B. ein Streamer 4. Dieses wird mit üblichen Mitteln in eine gewünschte Tiefe abgesenkt. Bei Betrachtung der Plattformen 1 und 2 bildet der Streamer 4 die Halbmittellinie eines Rechtecks 5, das ein Teilgebiet des zu erfassenden Gesamtgebietes darstellt. Gleichzeitig zur Erfassung des ersten Teilgebietes 4 können weitere Teilgebiete 6 und 7 erfaßt werden, wobei Empfängerketten 8 bzw. 9 zwischen den Stationen 2 und 3 bzw. 1 und 3 eingerichtet sind. Die Teilgebiete können gleichzeitig oder nacheinander seismisch erfaßt werden.

Ein Streamer zwischen zwei Stationen weist eine Reihe von seismischen Empfängern im Abstand zueinander auf. Durch die feste Anordnung der Empfängerreihe zwischen den Stationen liegt die Position der Empfänger fest. Die Schallquelle, insbesondere Wasser- oder Luftpulser, wird von einem Schiff geschleppt, das sich vorzugsweise quer zur Längserstreckung der Empfängerreihe bewegt. Dabei fährt das Schiff über parallel zueinander liegende Kurse, z.B. bei 10, deren Länge etwa der doppelten Breite der jeweiligen Teilgebiete 5, 6 oder 7 beträgt, so daß eine vollständige seismische Erfassung eines Untergrundbereiches möglich ist, dessen Fläche etwa einer Teilfläche 5, 6 oder 7 entspricht.

Das Schiff bewegt sich mit der Schallquelle entlang einem vorgewählten Muster über ein Raster, dessen Rasterpunkte 11 die jeweiligen Schußpositionen bestimmen, an denen der Sender erregt wird.

Nachdem sämtliche Teilgebiete des Gesamtgebietes seismisch erfaßt sind, werden die aufge-

nommenen Spuren zunächst einer üblichen statischen und dynamischen Korrektur sowie Stapelung unterzogen. Es ergeben sich damit Teildatenvolumina des Gesamtgebietes.

Zur Erstellung eines 3D-Datenvolumens des Gesamtgebietes ist eine Zusammenfügung der Datenvolumina der Teilgebiete erforderlich, wobei die Datenvolumina der Teilgebiete einer Translation, Dilation und/oder Rotation des der Datenerfassung zugrunde liegenden Meßrasters unterzogen werden. Dies erfolgt vorzugsweise über ein Computerprogramm, dessen Grundlage z.B. in F. Kirchheimer, Transformation of Seismic 3D Data by Separated Sinc Interpolation, 48. EAEG Tagung 1986, Oostende, zu entnehmen ist. Danach kann ein vorgegebenes Datenvolumen, das in einem bestimmten Meßraster ermittelt wurde, geometrisch in ein anderes Datenvolumen eines anderen Meßrasters transformiert werden, das bei Erfassung der Daten in dem anderen Meßraster erzeugt worden wäre, indem im wesentlichen das ursprüngliche Meßraster zunächst einer Dilation unterzogen wird, und anschließend in der flächenhaften Orientierung gedreht wird, so daß das ursprüngliche Datenvolumen die gewünschte Orientierung aufweist. Durch diese Maßnahme können sämtliche Teildatenvolumina der Teilgebiete zusammengefaßt werden, so daß alle Teildatenvolumina die gleiche Orientierung aufweisen. Insbesondere für diejenigen Gebiete, in denen Überlappungen der Teilgebiete vorliegen, kann noch eine zusätzliche Stapelung der Daten durchgeführt werden.

Die Figuren 2 a-c zeigen die wesentlichen Schritte der Transformation. Es wurden zwei Raster dargestellt, wobei 21 das Ausgangsraster und 20 das gewünschte Zielraster kennzeichnet.

Die Eckpunkte eines Rasterrechteckes 12 des Ausgangsrasters werden zunächst (Fig. 2a) zu einem neuen Rechteck 13 so weit gestaucht, daß die obere Kante des Ausgangsrechtecks bis zum Punkt 14 parallel verschoben wird. Anschließend erfolgt gemäß Fig. 2 b eine seitliche Verschiebung der Punkte 16 und 17 des Rechtecks 13, und gleichzeitige seitliche Dehnung, so daß ein Parallelogramm 15 entsteht. Dieses wird dann durch Verschiebung der Punkte 17 und 22 gemäß Fig. 2c zur Deckung mit dem Zielraster 20 gebracht. Es entsteht wieder ein Rechteck 18, bei dem der Eckpunkt 19 durch Verschiebung der Punkte 17 entstanden ist.

Fig. 3 zeigt die gemeinsame waagerechte Orientierung des Meßrasters aller Teilgebiete 5, 6 und 7 nach erfolgter Transformation.

Bei einer Anordnung, bei der zwei Streamer zwischen drei ortsfesten Stationen angeordnet sind, erfolgt eine Meßfahrt vorzugsweise rechtwinklig zu einem der Streamer, während die andere Streamerkette gleichzeitig in einem von 90° abweichenden Winkel überfahren wird. Auch diese Anordnung

läßt eine geometrische Transformation der gewonnenen Daten zu.

Nachdem auf die dargestellte Weise ein Datenvolumen des Gesamtgebietes erstellt worden ist, kann eine übliche 3D-Migration erfolgen, so daß ein voller 3D-Datensatz zur Verfügung steht, der auf andere Weise nicht erstellbar gewesen wäre.

Fig. 4 zeigt Horizontalschnitte verschiedener Teilgebiete, die durch Verschiebung, Stauchung und Drehung zu einem einheitlichen 3D-Datenvolumen zusammengefügt sind.

Bezugszeichenliste

- 1 Objekt
- 2 Objekt
- 3 Objekt
- 4 Empfängerketten
- 5 Teilgebiet
- 6 Teilgebiet
- 7 Teilgebiet
- 8 Empfängerketten
- 9 Empfängerketten
- 10 Kurse
- 11 Erregungsorte
- 12 Rechteck
- 13 Rechteck
- 14 Punkt
- 15 Parallelogramm
- 16 Punkt
- 17 Punkt
- 18 Rechteck
- 19 Eckpunkt
- 20 Zielraster
- 21 Ausgangsraster

Ansprüche

1. Verfahren zur Erfassung seismischer Daten eines Gebietes unter Verwendung wenigstens eines Abschnittes von in einer Reihe ortsfest angeordneter seismischer Empfänger und wenigstens einem relativ zur Reihe der Empfänger nach einem Muster versetzbaren seismischen Sender, wobei von jedem Empfänger seismische Spuren in Abhängigkeit von der Erregung des Senders aufgezeichnet werden, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst eine vollständige aber getrennte Erfassung der seismischen Daten in mehreren Teilgebieten des Gebietes erfolgt und daß die in den einzelnen Teilgebieten erfaßten seismischen Spuren anschließend durch eine Einrichtung zur Koordinatentransformation des der Datenerfassung zugrunde liegen-

den Meßrasters zu einem einheitlichen Datenvolumen des Gesamtgebietes zusammengefaßt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Reihe der Empfänger in verschiedenen Teilgebieten in verschiedenen azimutalen Richtungen ausgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die in den Teilgebieten erfaßten Daten vor der Zusammenfügung zu einem einheitlichen Datenvolumen durch die Einrichtung zur Koordinatentransformation einer Translation, Dilation und/oder Rotation des der Datenerfassung zugrunde liegenden Meßrasters unterzogen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem eine oder mehrere Reihen von Empfängern marineseismischer Empfängerketten sind und ein oder mehrere Sender sich an einem Schiff befinden, dadurch gekennzeichnet, daß eine Reihe der Empfänger in jedem Teilgebiet zwischen zwei ortsfesten Objekten angeordnet wird, und daß das Schiff sich entlang eines einem Teilgebiet zugeordneten Rasters relativ zur Reihe der Empfänger unter Aussendung von seismischen Erregungen bewegt, bis das gesamte Teilgebiet seismisch erfaßt ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekte Bohreinrichtungen sind.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Schiff im wesentlichen quer zur Längserstreckung der Reihe der Empfänger auf in Abstand parallel zueinander liegenden Kursen bewegt.

6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Schiff im wesentlichen parallel zur Längserstreckung der Reihe der Empfänger auf in Abstand parallel zueinander liegenden Kursen bewegt.

7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für wenigstens sich überlappende Teilgebiete vor der Zusammenfügung zu dem einheitlichen Datenvolumen eine ergänzende Stapelung der erfaßten Daten durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilgebiete Rechteckflächen, Trapezflächen oder Parallelogramme bilden.

9. Verfahren nach Anspruch 5 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teilgebiet eine Rechteckfläche bildet, bei dem die Reihe der Empfänger auf der Halbierenden der Rechteckfläche ausgelegt ist und daß das Schiff sich auf parallelen Kursen im wesentlichen bis in eine Entfernung der doppelten Länge einer Seitenkante des Rechtecks zu beiden Seiten der Empfängerketten bewegt.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Verwendung für eine seismische Erfassung des Untergrundes als einheitliches 3D-Datenvolumen des Gesamtgebietes.

11. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden mehrerer Empfängerreihen gleichzeitig an einem ortsfesten Objekt angeordnet sind und daß der Sender entlang eines Kurses über mehrere Teilgebiete bewegt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

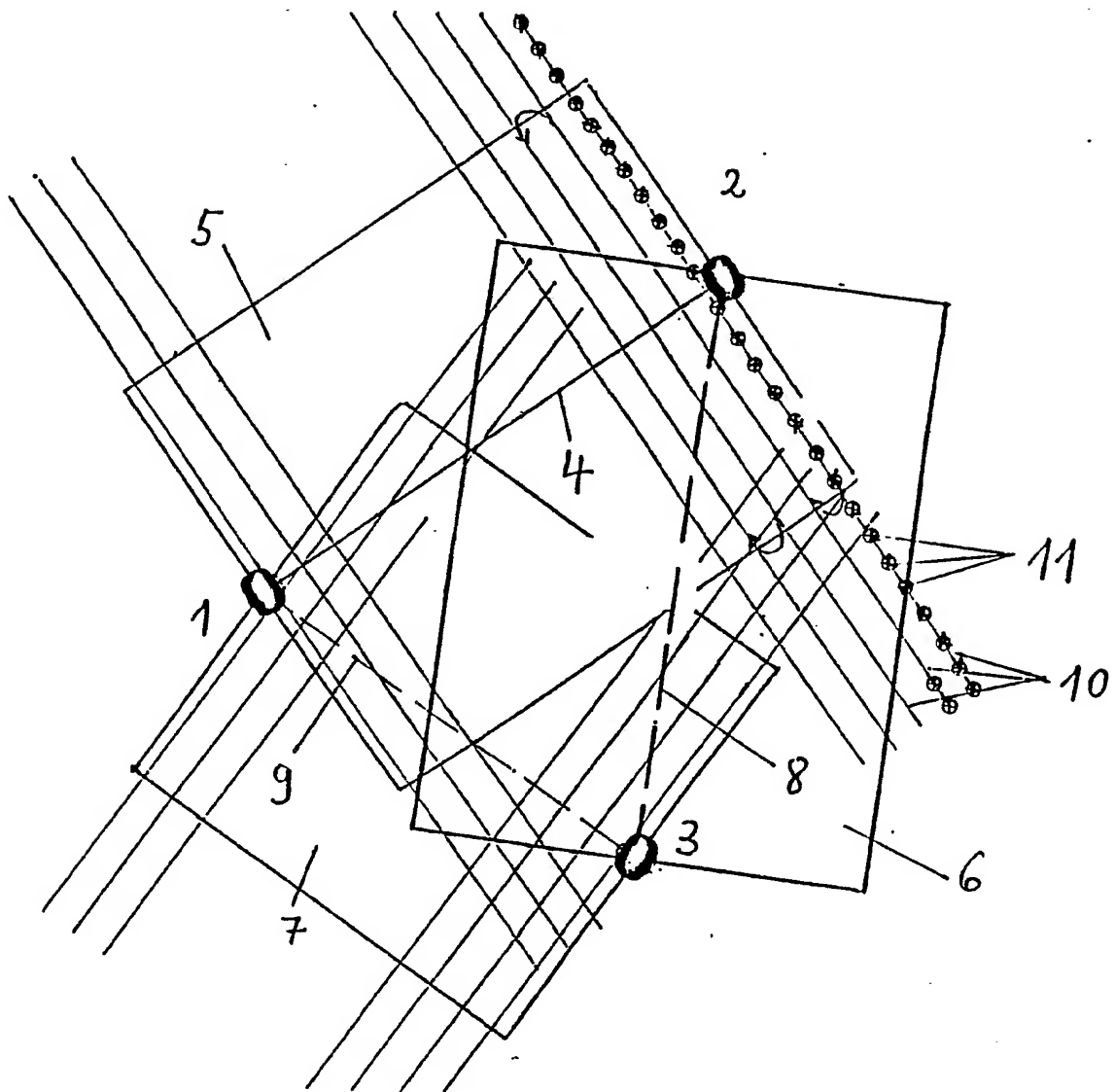


Fig. 1

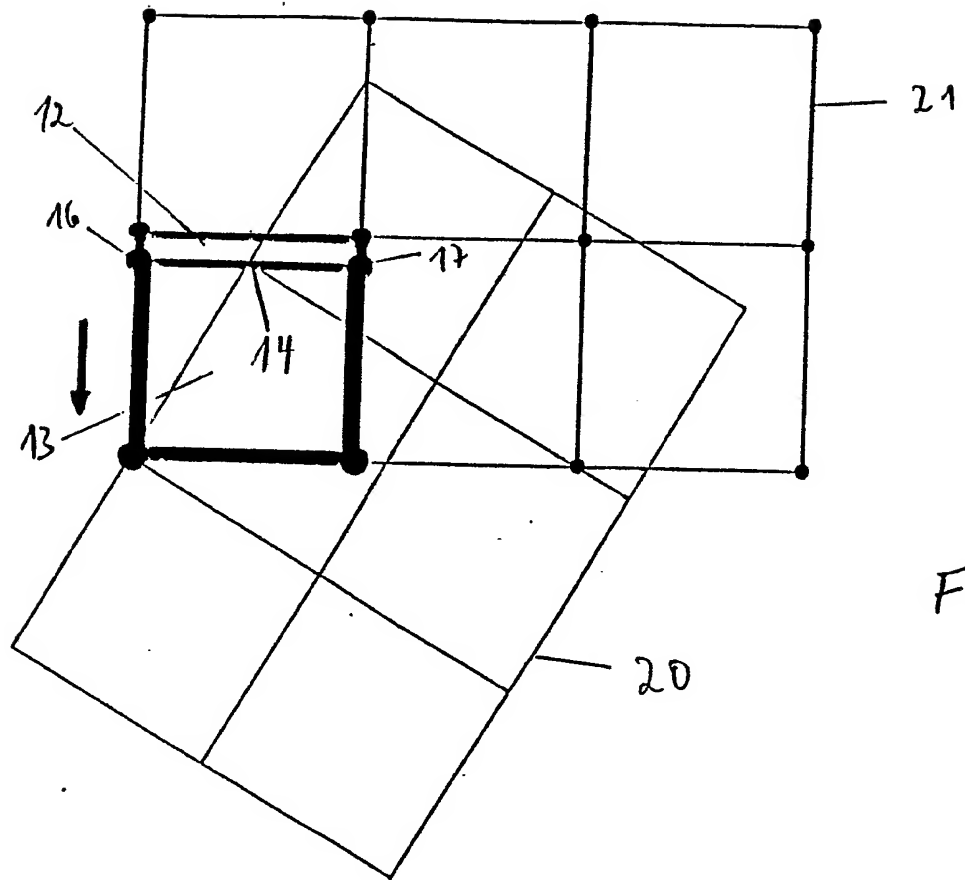


Fig. 2a

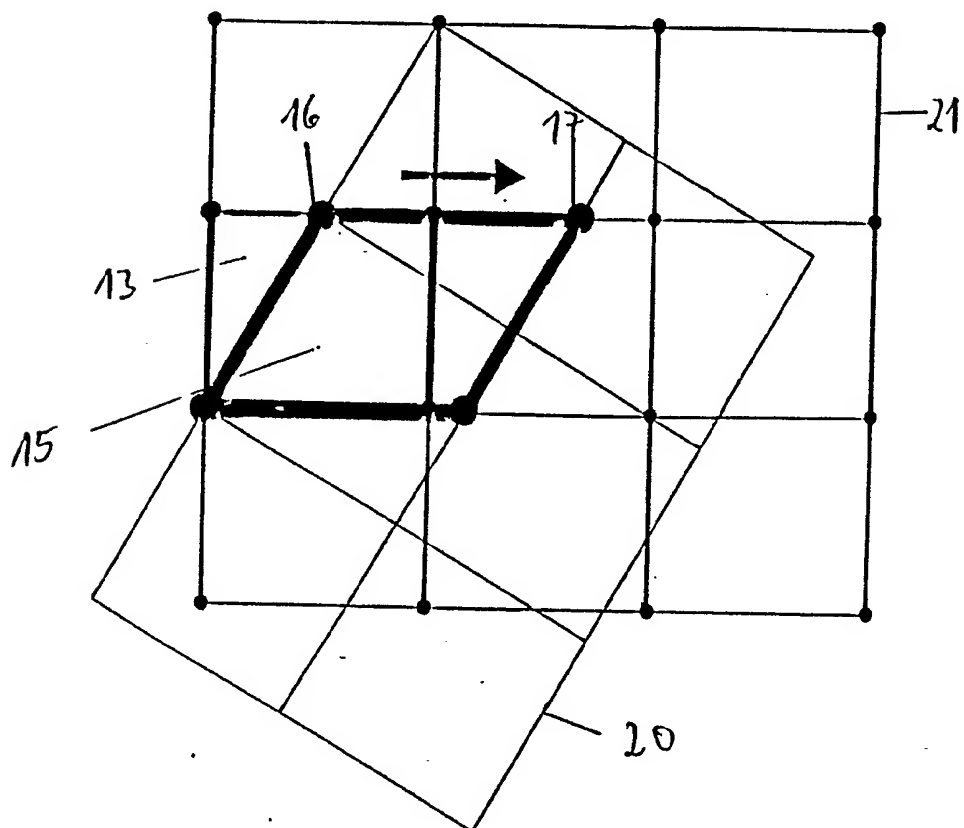
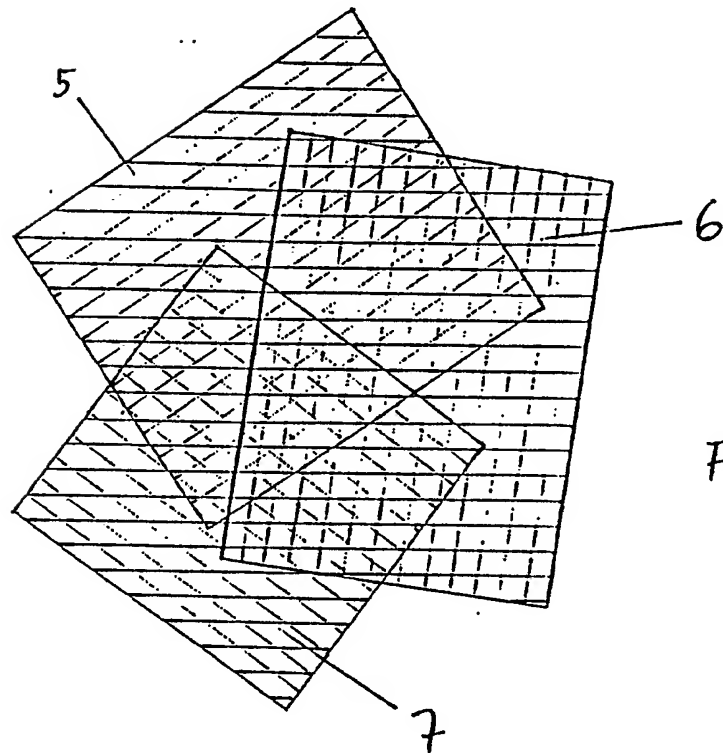
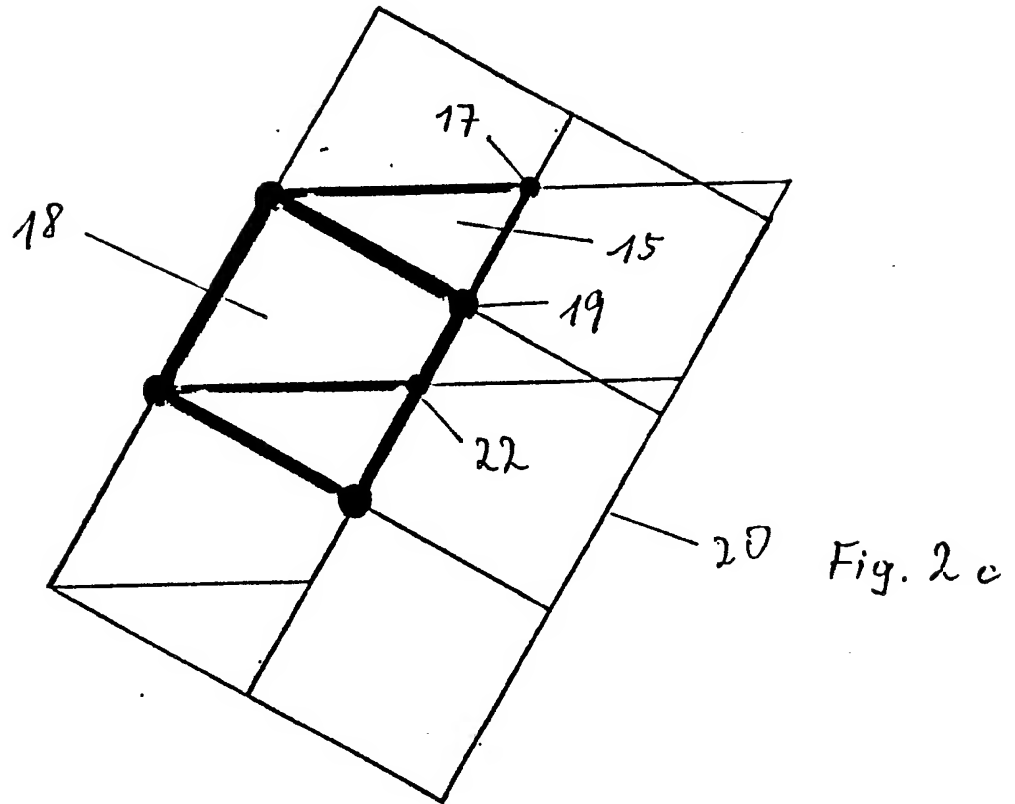


Fig. 2b



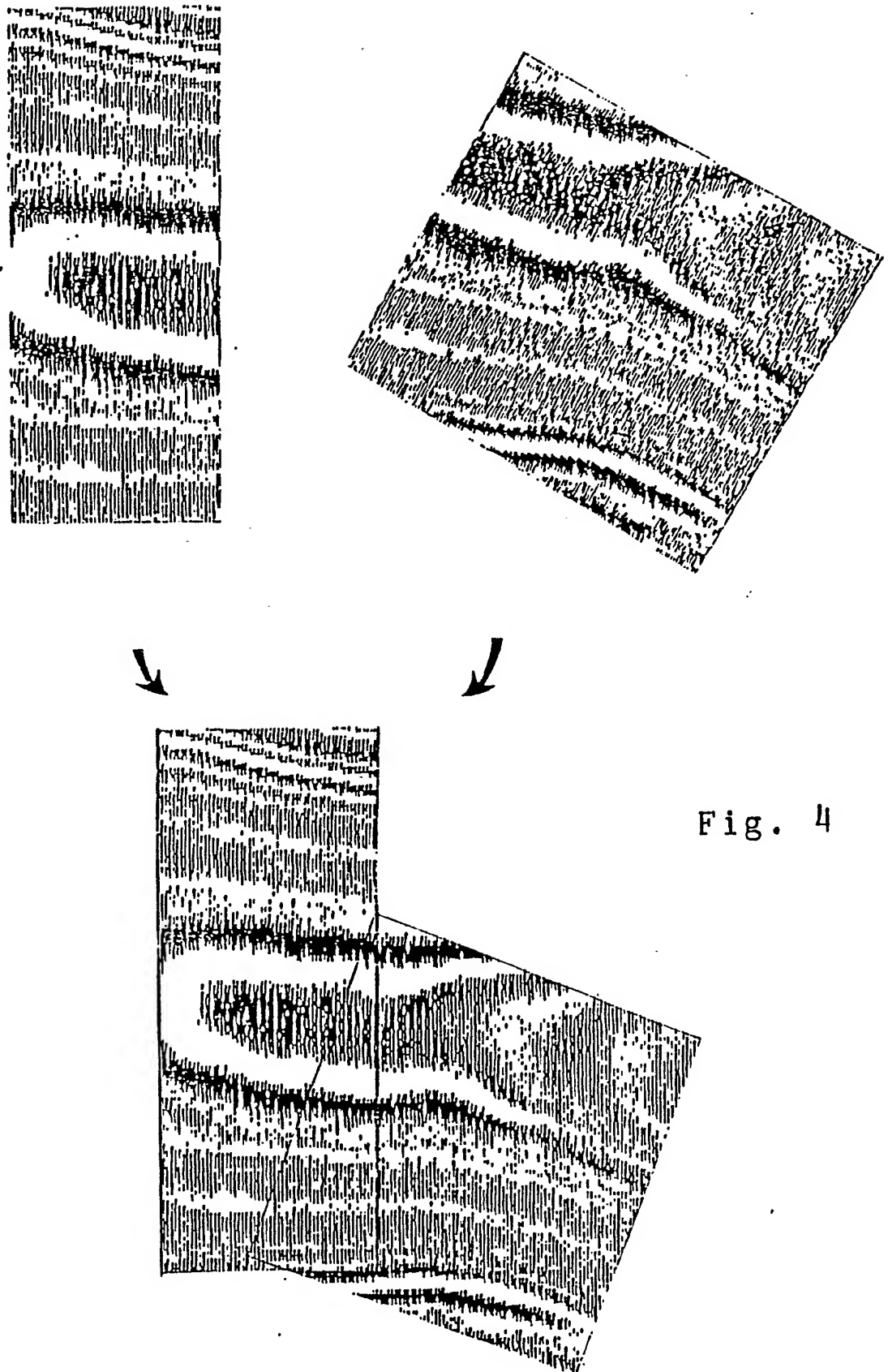


Fig. 4